

## 開放型風洞の測定部乱れ度低減に向けた吸込口の改善

システム工学群

航空エンジン超音速流研究室 1180022 遠藤 太喜

## 1. 緒言

## 1.1 研究背景

風洞は送風機などにより強制的に空気の流れを作る装置であり、翼や自動車などの空力性能を調べるために使われる。風洞で起こす風は極力乱れを小さくし、一様な流れであることが望ましい。乱れが生じる1つの原因として、流れの中で外乱や障害物によって生じる速度差が渦を発生させることが挙げられる。発生した渦は別の渦と衝突したり重なったりすることで徐々に乱れを大きくしていく。これにより実験結果の数値に大きな誤差を生む要因となり得るため、実験の信頼性に影響を及ぼす可能性がある。特に翼型の場合は乱れの程度によっては翼表面での剥離位置が変わるので正しい揚力や抗力を計測できない。実際の航空機の場合でも胴体や翼周りの大気の流れはゼロに近い状態となる。従って、実現象を再現するためにも乱れ度はできるだけ小さく抑えることが重要である。

## 1.2 研究目的

風洞には開放型風洞と密閉型風洞の二種類があり本学の風洞は開放型である。密閉型では実験モデルを設置する測定部が完全に壁で覆われている状態となる。対して開放型では測定部を覆う壁は無い。密閉型の場合、壁の影響を受けることで実現象との差異が生じ後の補正が必要となってくるが、高い安定性を有する。反対に開放型の場合は、外乱を受けやすく流れの安定性に難があるが、模型や測定機器の設置が容易である。そこで、本研究では今後の実験効率を考え密閉型のように壁を設置する方法ではなく、開放型を維持した状態での乱れ度低減を目的とした。

## 2. 乱れ度計測

## 2.1 乱れ度

乱れ度(Turbulence intensity = T. I.)は計測時間中における風速の標準偏差を平均風速で割ることで算出した。

$$T.I.(%) = \frac{\sqrt{\sum(u_i - \bar{u})^2 / n}}{\bar{u}} \times 100$$

$u_i$ : 生データ       $\bar{u}$ : 平均流速

## 2.2 計測機器

本学風洞の流路内の乱れ度を計測するために高い応答性をもつ熱線風速計を使用した。熱線風速計の仕様に伴い室温をなるべく一定にする必要がある。風洞室内の温度はあらかじめエアコンで一定に保ち、ファンも回しておくことで実験中の温度変化を極力避けるようにした。今回の計測ではピトー管と沈鐘式微差圧計を用いて動圧を測ることで風速を調整した。風速は10m/sとし、動圧は実験の開始時に気圧と室温から空気密度を求めることで算出した。

## 2.3 計測範囲

まず始めに図1に示すように流れ方向をX軸と置き、1.4m間を計測範囲とした。また図2に示したように吹き出し口を正面に見たとき縦方向をZ軸、横方向をY軸と置いた。Y-Z面の上下左右には主流と計測室内の静止流体との速度差により生ずる境界層が存在する。境界層は特に乱れが大きく変化する部分となり、複雑な流れとなるため細かい計測を行う必要がある。本計測では境界層部分の計測点を縦横2.5cm間隔とし、速度勾配がほとんどないと見て取れる主流部分の計測点は縦横5cm間隔とした。従って計測点は合計800~1600点となり、主流部分の平均乱れ度を図3の赤線で示した。ただし、図3の2つの結果は異なる熱線を使用しており、計測時季も異なる。

## 3. 吸込口の改善

通常状態での風洞では図3の赤線のように下流吸込み口側に近づくほど大きな乱れになっていることが分かる。これはベルマウス付近で厚くなった境界層が影響しているのではないかと考えた。そこで図5に示す四角い枠を吸込み口に設置することで主流への影響を抑制することを考案した。この枠は今後「主流吸込枠」と呼ぶこととする。図4のようにBMWが使用している開放型風洞(1)にもこれに近い形の壁が立てられている。

## 4. 結果と考察

主流吸込枠を設置した場合での計測結果を図3の青線で示す。この図から主流の平均乱れ度は最も下流側の計測位置で3.7%になったことがわかる。枠を設置していない状態では乱れ度は約7.0%あったことから、半分近く低減させることに成功した。次に、主流吸込枠が無い場合と有る場合の乱れ度分布を図6に示した。この図から、枠を設置することで中央付近の乱れ度が下がるだけでなく、境界層の厚さも抑えられていることが見て取れる。ただし、図3で2つの計測結果は時季や使用した熱線の劣化具合が異なっている。

図6(a)を見ると主流が右に少し傾いていることがわかり、主流吸込枠をつけた(b)にはこれが見られなかった。これはファンによる旋回成分が存在している可能性があり、枠を設置したことでこれを抑えているのではないかと考えられる。

## 5. 結言

本研究目的である乱れ度低減は測定部後方において概ね達成された。図3に示す計測結果はそれぞれ時季と熱線の劣化具合が異なっており、再計測を検討したが時間の都合上断念した。今回の計測で使用した熱線プローブは熱線1本で主流方向のみ測るIプローブである。熱線を2本以上組み合わせたプローブを使用することでファンによる旋回成分や渦の詳細が確認できると考えられる。

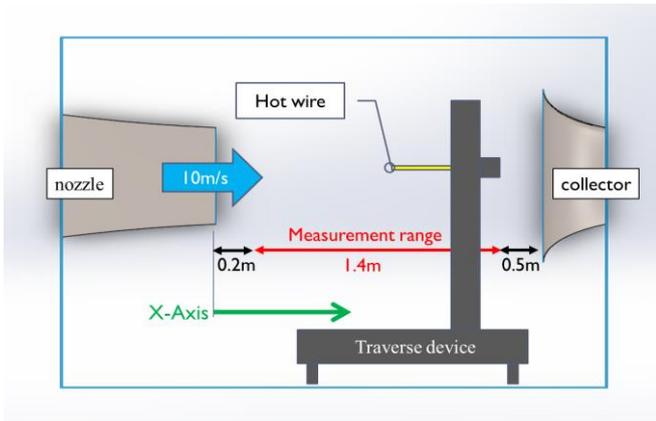


Fig.1 Measurement range in flow direction



Fig.5 Main flow suction frame

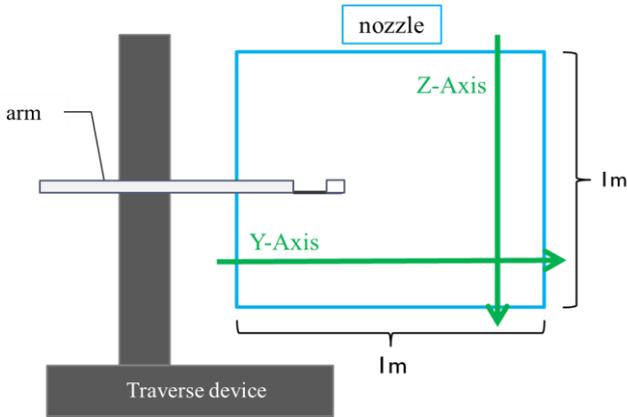


Fig.2 Measurement range in Y-Z plane

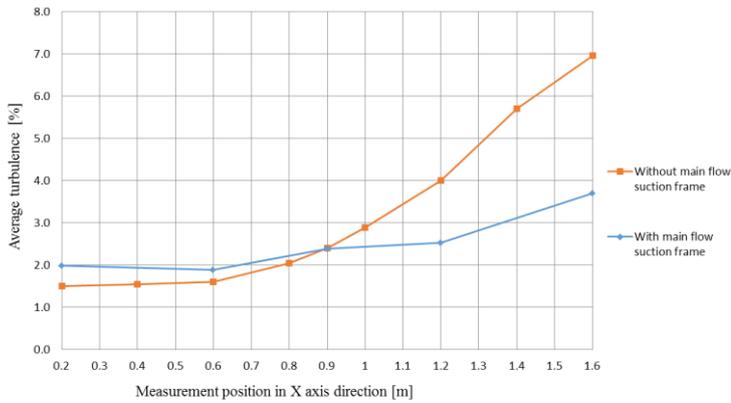
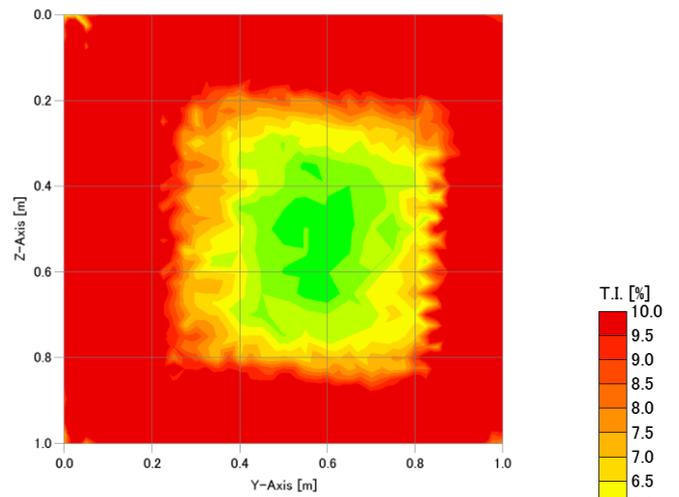
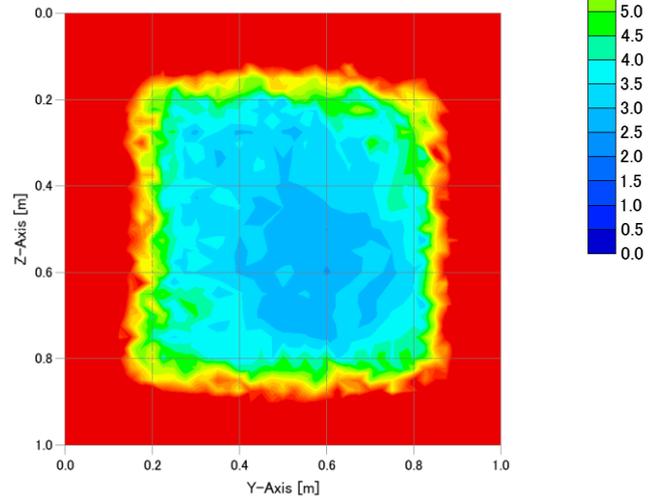


Fig.3 Distribution of turbulence of main flow in X direction



(a) Without main flow suction frame



(b) With main flow suction frame  
Fig.6 Turbulence intensity (X=1.6m)



Fig.4 BMW wind tunnel

6. 文献

- (1) Manuel Irritier • BMW Wind Tunnel  
<<http://www.manuelirritier.com/bmw-wind-tunnel/>>